



# Espacenet

## Bibliographic data: CN 1193399 (A)

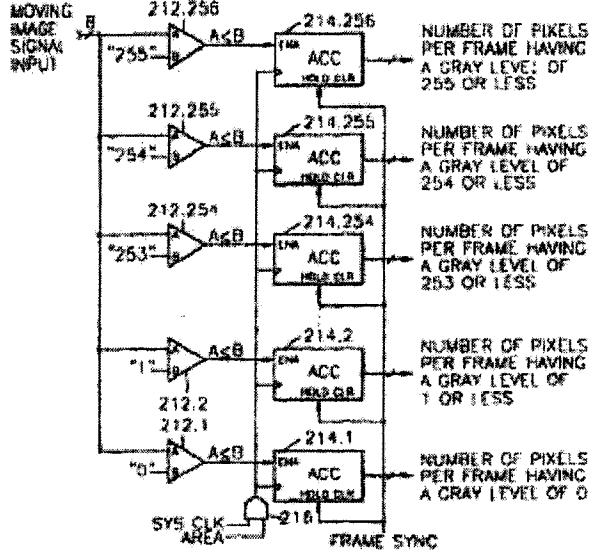
**A histogram equalization apparatus for contrast enhancement of moving image and method therefor**

**Publication date:** 1998-09-16  
**Inventor(s):** YUNG PARK JUN [KR] ±  
**Applicant(s):** SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR] ±  
**Classification:**  
 - International: G06T5/00; G06T5/40; H04N1/407; H04N5/20; H04N5/202;  
 - European: G06T5/40  
**Application number:** CN19971090490 19970617  
**Priority number(s):** KR19960022594 19960620  
 • CN 1093669 (C)  
 • WO 9749064 (A1)  
**Also published as:**  
 • US 6259472 (B1)  
 • KR 100189922 (B1)  
 • JP 10510939 (T)  
 • more

**Abstract not available for CN 1193399**

**(A) Abstract of corresponding document:**  
**WO 9749064 (A1)**

A histogram equalization apparatus for contrast enhancement of a moving image includes a CDF calculator for counting the number of pixels having a gray level from the minimum to the maximum or less with respect to an input image in a frame unit to calculate a cumulative distribution function (CDF) value of each gray level, and a look-up table for updating histogram-equalized level corresponding to each gray level of the input moving image in a frame unit based on the CDF value of each gray level, and outputting a corresponding histogram-equalized level according to a level of the input moving image. Therefore, the histogram equalization apparatus can perform real-time histogram equalization on a moving image with a simple hardware, without using a frame memory, a probability density function (PDF) calculator and dividers for a cumulative density function (CDF) calculation.





## [12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97190490.1

[43]公开日 1998年9月16日

[11]公开号 CN 1193399A

[22]申请日 97.6.17

[74]专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

[30]优先权

代理人 马莹

[32]96.6.20 [33]KR[31]1996 / 22594

[86]国际申请 PCT / KR97 / 00116 97.6.17

[87]国际公布 WO97 / 49064 英 97.12.24

[85]进入国家阶段日期 98.1.7

[71]申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

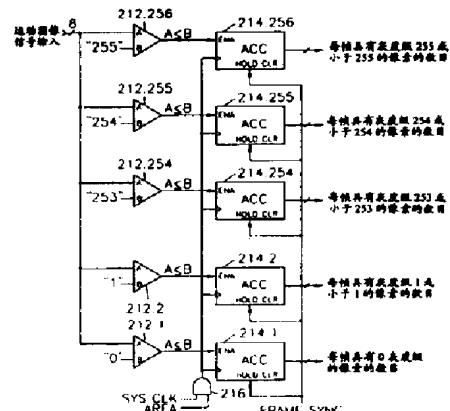
[72]发明人 朴永溶

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 运动图像对比度增强的直方图均衡装置  
及其方法

## [57]摘要

一种运动图像对比度增强的直方图均衡装置，包括：CDF计算器，以帧为单位对输入图像从灰度级的最小值到最大值或小于最大值计算一个灰度级的像素数目，以计算每个灰度级的累积分布函数(CDF)值；查找表，根据每个灰度级的CDF值，以帧为单位，更新对应于输入运动图像的每个灰度级的直方图均衡过的灰度级，并根据输入运动图像的一个灰度级输出相应的直方图均衡过的灰度级。因此，该直方图均衡装置能以简单的硬件对运动图像进行实时直方图均衡，而不使用帧存储器、概率密度函数(PDF)计算器和用于累积分布函数(CDF)计算的除法器。



# 权 利 要 求 书

1. 一种由预定数目的灰度级表示的运动图像的直方图均衡装置，包括：  
计算器，对一个屏幕单位内的输入图像，从灰度级的最小值或  
5 小于最大值，计算具有一个灰度级的像素的数目，以计算每个灰度级的累积  
分布函数值；和  
存贮器，根据每个灰度级的 CDF 值，更新对应于一个屏幕单位内的输入运动图像的每一灰度级的直方图均衡过的灰度级，并根据输入运动图像的一个灰度级输出相应直方图均衡过的灰度级。
- 10 2. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡装置，其中所述屏幕单位是帧。  
3. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡装置，其中所述计算器包括：  
多个比较器，将输入运动图像的灰度级与每个灰度级作比较；和  
多个累加器，累加所述多个比较器的每个输出，以输出每一屏幕单位从  
最小值到最大值或小于最大值的各个灰度级的 CDF 值。  
15 4. 根据权利要求 3 所述的直方图均衡装置，其中每个累加器每当输入一个时钟信号时就累加每个比较器的输出，并根据帧同步信号输出累加值，同时清除所述累加值。  
5. 根据权利要求 4 所述的直方图均衡装置，其中所述时钟信号是根据系统时钟信号和表示 CDF 计算区域的区域控制信号产生的。  
20 6. 根据权利要求 5 所述的直方图均衡装置，其中 CDF 计算区域的总像素数目等于  $2^m$ ，此处 m 为整数。  
7. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡装置，其中所述输入图像是根据前一图像的 CDF 值被直方图均衡的。  
25 8. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡装置，其中存贮在所述存贮器中的所述 CDF 值，按照帧同步信号，根据所述计算器计算出的一帧的 CDF 值被更新。  
9. 根据权利要求 8 所述的直方图均衡装置，其中所述帧同步信号是表示所述帧的垂直消隐期间的控制信号。  
30 10. 根据权利要求 1 所述的直方图均衡装置，其中存贮在所述存贮器中的所述直方图均衡过的灰度级，是通过所述计算器计算出的每个灰度级的 CDF 值与最大灰度级相乘得到的。

11. 根据权利要求 6 所述的直方图均衡装置，其中通过从灰度级的最小值到最大值或小于最大值对每个灰度级的数值作对应于基 2 的幂的数目(m)次移位，然后，将每个移位结果与最大灰度级相乘，得到存储在所述存储器中的所述直方图均衡过的灰度级。

5 12. 一种由预定数目的灰度级表示的运动图像的直方图均衡方法，包括以下步骤：

(a) 对一个屏幕单位中的输入运动图像，从灰度级的最小值到最大值或小于最大值，计算具有一个灰度级的像素的数目，以输出每个灰度级的 CDF 值；和

10 (b) 将对应于输入运动图像灰度级的 CDF 值与最大灰度级相乘，以输出直方图均衡过的灰度级。

13. 根据权利要求 12 所述的直方图均衡方法，其中 CDF 计算区域的总像素数目等于  $2^m$ ，此处，m 为整数。

14. 根据权利要求 12 所述的直方图均衡方法，其中步骤(a)包括以下步骤：

(a1) 将输入图像的灰度级与最小值到最大值或小于最大值的各个灰度级作比较；和

(a2) 累加一个屏幕单位中的步骤(a1)的比较结果，从灰度级的最小值到最大值或小于最大值，输出每屏具有一个灰度级的像素的数目所有数值。

20 15. 根据权利要求 12 所述的直方图均衡方法，其中所述屏幕单位为帧。

16. 根据权利要求 12 所述的直方图均衡方法，其中所述输入图像是根据前一图像的 CDF 值被直方图均衡的。

17. 根据权利要求 13 所述的直方图均衡方法，其中从灰度级的最小值到最大值或小于最大值，对各个灰度级的值作相应于基 2 的幂的数目(m)次移位，然后将每个移位结果乘以最大灰度级，得到步骤(b)的直方图均衡过的灰度级。

## 说 明 书

运动图像对比度增强的

直方图均衡装置

及其方法

5

本发明涉及运动图像对比度增强的直方图均衡装置及其方法，特别涉及具有简单硬件的直方图均衡装置及其方法。

10 灰度级直方图提供一幅图像外貌的完整描述。合理控制给定图像的灰度级能增强该图像的外貌或对比度。

在对比度增强方法中，直方图均衡使用最广泛，且众所周知。根据图像的样本分布来增强给定图像的对比度的方法公开在下列参考文献中：[1] J.S.Lim, “二维信号和图像处理”， Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990, [2] R.C.Gonzalez 和 P.Wintz, “数字图像处理”， Addison-Wesley, Reading, 15 Massachusetts, 1977。

通常，因直方图均衡(所谓的“分布均衡”)有扩展动态范围的效果，故直方图均衡使结果图像的灰度级分布变得平坦，从而增强图像的对比度。

特别是在医学工程领域中，直方图均衡作为使采集的不清晰的图像像素间的对比度更清晰的方法，在图像识别方面是非常重要的。

20 这里简述一种典型的直方图均衡方法。

已知图像  $\{X\}$  由  $L$  个离散灰度级  $\{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$  组成。这里， $X_0 = 0$  代表黑色电平，而  $X_{L-1}$  代表白色电平。

概率密度函数(PDF)用下式(1)定义：

$$25 \quad p(X_k) = \frac{n_k}{n}, \quad \text{for } k = 0, 1, \dots, L-1 \quad \dots(1)$$

式中， $n_k$  表示图像  $\{X\}$  中灰度级  $\{X_k\}$  的频率， $n$  代表图像  $\{X\}$  中的总样本(像素)数。此外，累积分布函数(CDF)用下式(2)定义。

$$30 \quad c(X_k) = \sum_{j=0}^k p(X_j) \quad \dots(2)$$

根据 CDF，对于给定图像的输入样本( $X_k$ )，典型直方图均衡的输出( $Y$ )利用下述公式(3)得到。

$$Y = c(X_k)X_{L-1} \quad \dots(3)$$

以下参照图 1 到图 3，详细描述直方图均衡方法。

5 图 1 示出了一幅具体图像的 PDF 的例子。即，输入亮度为 0 ~ 255 灰度级的亮度信号，然后计算每个灰度级的像素数目，将该结果除以像素总数，所得结果如图 1 所示。

10 图 2 所示是根据图 1 的 PDF 所得到的 CDF 曲线。例如，在 P 点对应于灰度级“100”的 CDF 的值是 0.875，这说明对应于灰度级 100 或小于 100 的像素数目占输入图像的 87.5 %。

图 3 所示为根据图 2 所示的 CDF 经直方图均衡后的图像的 PDF。即，对输入像素  $Y_{IN}$  进行直方图均衡后的输出信号( $Y$ )的灰度级由下述公式(4)映射为一灰度级。

$$Y = \text{对应于 } Y_{IN} \text{ 的 CDF 值} \times \text{最大灰度级}(X_{L-1}) \quad \dots(4)$$

15 例如，具有灰度级“100”的输入像素经直方图均衡后的输出灰度级被映射为灰度级 224( $\approx 0.875 \times 255$ )。

如果输入图像信号是模拟信号，则在整个区间上新的 PDF 为具有约 0.004( $= 1/256$ )量级的一条直线(均匀分布曲线)，如图 3 中的 Q。然而，若输入图像是数字信号，则直方图均衡的结果为一量化的灰度级，并得到图 3 的结果。即，假设当输入灰度级是“51”时，根据图 2 的 CDF 值(0.37)得到的输出灰度级被映射为约“95”，而当输入灰度级是“52”时，根据图 2 的 CDF 值(0.47)得到的输出灰度级被映射为约“120”，则具有灰度级在“51”和“52”之间的输入图像信号的输出灰度级应被映射为约 95 和 120 之间。然而，若进行量化，则“51”和“52”之间的灰度级不存在，从而不能得到均匀分布曲线。

因此，从图 1 和图 3 可以看出，集中在灰度级“50”和“100”之间的输入图像的亮度级被映射为具有 10 和 200 之间灰度级的扩展亮度级，所以增强了对比度。

30 然而，上述直方图均衡方法仅被应用于静止图像，以改善静止图像的图像识别能力和对比度，这是由于获取 PDF 和 CDF 值所需的处理时间及其硬件等问题，若应用到运动图像，则需要存储一帧图像的帧存储器和需要很多

硬件的除法电路以进行实时处理。

为了解决上述问题，本发明的一个目的就是提供一种使用简单硬件的运动图像对比度增强的直方图均衡装置。

本发明的另一个目的是提供一种通过对运动图像、如 TV 或 VCR 视频信号进行实时直方图均衡来增强对比度的方法。

为了实现第一个目的，提供一种用预定数目的灰度级表示的运动图像的对比度增强的直方图均衡装置。在此直方图均衡装置中，一计算器以帧为单位，对输入图像，从灰度级的最小值到最大值或小于最大值，计算具有一个灰度级的像素的数目，以计算每一灰度的累积分布函数(CDF)值，一存储器根据每一灰度级的 CDF 值，以帧为单位，更新对应于输入运动图像每一灰度级的直方图均衡过的灰度级，且根据输入运动图像的灰度级输出相应的直方图均衡过的灰度级。

为实现第二个目的，提供一种用预定数目的灰度级表示的运动图像的对比度增强的直方图均衡方法，包括以下步骤：(a)以帧为单位，对输入运动图像，从灰度级的最小值到最大值或小于最大值，计算具有一个灰度级的像素的数目，以输出每个灰度级的 CDF 值；(b)用最大灰度级乘以对应于输入运动图像的该灰度级的 CDF 值，以输出直方图均衡过的灰度级。

以下结合附图说明本发明的优选实施例，其中：

图 1 为一具体图像的概率密度函数(PDF)的例图。

图 2 为根据图 1 的 PDF 得到的累积分布函数(CDF)的曲线图。

图 3 为根据图 2 的 CDF 直方图均衡过的图像的 PDF 图。

图 4 为运动图像对比度增强的传统直方图均衡装置的电路图。

图 5 为图 4 的 PDF 计算器和 CDF 计算器的详细电路图。

图 6A 为一帧 NTSC 图像的简图，图 6B 是图 4 中所示电路的时序图。

图 7 为根据本发明一优选实施例的运动图像对比度增强的直方图均衡装置的框图。

图 8 为图 7 的 CDF 计算器的详细电路图。

图 9 为图 8 的累加器的详细电路图。

图 10 为用于本发明的一帧 NTSC 图像中的一个 CDF 计算区域的简图。

在描述本发明的实施例之前，参照图 4 到图 6B 描述运动图像对比度增强的传统直方图均衡装置。

图 4 的传统直方图均衡装置包括：概率密度函数(PDF)计算器 110、累积分布函数(CDF)计算器 120、查找表 130、和帧存贮器 140。

在图 4 中，若输入经过 A/D 转换的 8 比特信号，则 PDF 计算器 110 通过在一帧有效画面区域(在 NTSC 制中为 720 个像素  $\times$  480 行)计算具有 0 到 5 255 间的一个灰度级的输入像素的数目，以计算 PDF。

CDF 计算器 120 根据计算出的 PDF 计算 CDF，并包括多个加法器和多个除法器。

图 5 是图 4 的 PDF 计算器 110 和 CDF 计算器 120 的详图。

在图 5 中，PDF 计算器 110 的每个比较器 112.1 ~ 112.256 将输入像素 10 与最小值“0”到最大值“255”的每个灰度级作比较。

例如，比较器 112.1 将输入像素与灰度级“0”比较，如果输入像素等 15 于此灰度级则输出“高(1)”信号，并在累加器 114.1 中累加此输出。比较器 112.2 把输入像素同灰度级“1”作比较，如果输入像素等于灰度级“1”，则输出“高(1)”信号，并在累加器 114.2 中累加此输出。上述比较和累加由 20 每个比较器和累加器重复。最后，比较器 112.256 将输入像素同灰度级“255”作比较，如果输入像素等于灰度级“255”，则输出“高(1)”信号，并在累加器 114.256 中累加此输出。

因此，在输入帧图像的有效画面区域，从“0”到“255”的每个灰度 25 级的输入像素的计数数目，也即一帧图像的每个灰度级上像素的存在概率，在每个累加器 114.1 ~ 114.256 中被累加，这样每个累加器 114.1 ~ 114.256 的输出乘以总像素数目就成了 PDF。

另一方面，CDF 计算器 120 的每个加法器 122.1 ~ 122.255 分别输出对 30 应于每帧从具有灰度级“1”或小于“1”直到具有灰度级“255”或小于“255”的像素的数目的值。

例如，加法器 122.1 把累加器 114.1 的输出和累加器 114.2 的输出相加，输出“0”和“1”之间的灰度级的乘积(PDF  $\times$  总像素数目)之和。同样，加法器 122.254 将累加器 114.255 的输出和加法器 122.253 的输出相加，这对应于“0”到“254”之间的灰度级的乘积(PDF  $\times$  总像素数目)之和。加法器 122.255 将累加器 114.256 的输出与加法器 122.254 的输出相加，这对应于 35 “0”到“255”之间的灰度级的乘积(PDF  $\times$  总像素数目)之和。灰度级“0”到“255”的 CDF 值从每个除法器 124.1 ~ 124.256 输出。

例如，除法器 124.1 用总像素数目  $n$  除累加器 114.1 输出的具有灰度级“0”的像素的数目，除法器 124.2 用总像素数目  $n$  除加法器 122.1 输出的每帧具有灰度级“1”或小于“1”的像素的数目，除法器 124.256 用总像素数目  $n$  除加法器 124.255 输出的每帧具有灰度级“255”或小于“255”的像素的数目。  
5

结果，将每个除法器 124.1 ~ 124.255 输出的一帧的新 CDF，即对应于输入灰度级的 CDF，乘以最大灰度级“255”，所得的值存贮在图 4 的查找表 130 中。

图 6A 给出了大小为 858 个像素  $\times$  525 行的 NTSC CCIR 601 的 NTSC 模式中的标准图像格式。在该帧图像格式中，用在 PDF 计算器 110 和 CDF 计算器 120 中的有效画面区域，大小为 720 个像素  $\times$  480 行，故其总像素数目  $n$  等于  $720 \times 480$ 。  
10

另一方面，根据图 4 所示的查找表 130 中的帧同步信号(FRAME SYNC)，更新 CDF 计算器 120 计算出的新帧的 CDF 值的时段对应于图 6B 的“d”。这里，时段“d”是真实图像信号的垂直消隐时段，它不在屏幕上显示。这样，即使存贮在查找表 130 中的值用新帧的 CDF 值在时段“d”更新，此帧也不受影响。图 6B 中时段“a”和“b”是 PDF 和 CDF 计算的采样时段和同步直方图均衡时段，时段“c”是无操作时段。这里，输入到查找表 130 的帧同步信号 FRAME SYNC 是表示第一场垂直消隐时段“d”的控制信号。  
15  
20

对应于帧存贮器 140 输出的输入像素的灰度级的 CDF 值，乘以最大灰度级所得到的值从查找表 130 输出，该查找表 130 存贮有已更新的 CDF 值乘以最大灰度级所得到的值。

这里，为了对 PDF 计算器 110 和 CDF 计算器 120 统计处理过的帧数据进行直方图均衡，输入图像信号由帧存贮器 140 延时一帧。  
25

然而，考虑到运动图像的特性，前帧与当前帧之间的相关性应在 0.95 以上，这样，即使在前帧中所获得的 CDF 原封不动地应用到当前帧而不使用需要很多硬件的帧存贮器，执行直方图均衡也不会有问题。

若帧突然变化，则不进行直方图均衡。然而，从实验中可以看到，由于人眼的残留图像效应，约一帧(1/30 秒)的图像失真不会被察觉到。  
30

因此，本发明提出了具有简单硬件的直方图均衡装置，其中，直接从输

入像素计算 CDF 而不计算 PDF，使得帧存贮器、PDF 计算器和需要很多硬件的 CDF 计算器的除法器可被省略掉。

图 7 是根据本发明的优选实施例的运动图像对比度增强的直方图均衡装置的电路图。

5 本发明的直方图均衡装置包括 CDF 计算器 210 和查找表 220。

在图 7 中，CDF 计算器对于每一灰度级 = 0、灰度级  $\leq 1$ 、...、灰度级  $\leq 128$ 、...、和灰度级  $\leq 255$ ，从输入图像信号中直接计算 CDF 值。

CDF 计算器 210 的详细电路图如图 8 所示。

10 在图 8 中，每个比较器 212.1 ~ 212.256 将输入像素与从“0”到“255”的相应灰度级作比较。即，若输入像素为灰度级“255”或小于“255”，则比较器 212.256 输出信号“1”，若输入像素为灰度级“254”或小于 254，则比较器 212.255 输出信号“1”，若输入像素为灰度级“0”，则比较器 212.1 输出信号“1”。

15 每当时钟信号(CLK)输入时，如果每个比较器 212.1 ~ 212.256 输入到每个使能端口 ENA 的输出等于“1”，则每个累加器 214.1 ~ 214.256 就增加 1，并在帧同步信号(FRAME SYNC)输入到每个保持和清除端口，以将累加值清“0”时，输出当前的累加值。

20 在“与”门 216 中，系统时钟信号 (SYS CLK) 和表示 CDF 计算区域的区域控制信号 (AREA) 进行“与”操作，得到输入到每个累加器 214.1 ~ 214.256 的时钟信号 (CLK)。

例如，累加器 214.256 的输出信号表示每帧具有灰度级“255”或小于“255”的像素的数目，累加器 214.255 的输出信号表示每帧具有灰度级“254”或小于“254”的像素的数目，累加器 214.1 的输出信号表示每帧具有灰度级“0”的像素数目。

25 每个累加器 214.1 ~ 214.256 的详细结构如图 9 所示。这里，作为一个例子将描述累加器 214.256 的结构。

如图 9 中所示，加法器 241 将作为使能信号 ENA 输入的比较器 212.256 的输出“1”和反馈信号相加，相加后的信号经“与”门 242 锁存到第一锁存器 244。经“非”门 243 输入的帧同步信号(FRAME SYNC)对“与”门 242 30 清零。

在“或”门 245 中，经帧同步信号(FRAME SYNC)和时钟信号(CLK)的

“或”操作所获得的信号，输入到第一锁存器 244 的时钟端口，每当“或”门 245 的输出等于“1”时，第一锁存器 244 将锁存输出作为反馈信号反馈到加法器 241，并同时将该锁存输出到第二锁存器 246。

第二锁存器 246 在其时钟端口接收帧同步信号(FRAME SYNC)作为保持信号，并输出通过保持第一锁存器 245 的输出所得到的值，即根据帧同步信号 RFAME SYNC，在 CDF 计算区域内每帧具有灰度级“255”或小于“255”的像素的数目。

这里，在用于本发明的 CDF 计算区域中，图 10 的 NTSC CCIR 601 的 NTSC 标准图像(858 个像素×525 行)的 720 个像素×480 行有效像素内，每 10 场仅 640 个像素×204.8 行用作直方图均衡的 CDF 计算区域。

此外，如果每帧仅使用  $2^{18}(640 \times 204.8 \times 2)$  个像素，即，令总像素数目  $n$  为  $2^m$ ( $m$  为整数)来计算 CDF，则图 5 中所示的 CDF 计算器 120 的除法器 124.1 ~ 124.256 就不需要了。因难以设计除法器的逻辑，若省掉了除法器，则电路的设计就简化了。

15 在图 5 中，720 个像素×480 行的整幅图像被用作 CDF 计算区域，所以，总像素数目  $n$  等于  $720 \times 480$ 。即，总像素数目不能用  $2^m$  来表示，这样，具有复杂设计的除法器是必需的。

然而，为了使用本发明的 CDF 计算器计算每个灰度级的 CDF 值，累加器 214.1 ~ 214.256 的所有输出，即从每帧具有灰度级“0”的像素的数目到每帧具有灰度级“255”或小于“255”的像素的数目，均应分别除以总像素的数目。但是，除以  $2^m$  的总像素数目  $n$  的真实意义就是移位，从而，除法器就不再需要了。

因此，对 CDF 计算器 210 的所有输出，即每帧从具有灰度级“0”的像素的数目到具有灰度级“255”或小于“255”的像素的数目，根据基 2 的幂的数目移位的值，分别乘以最大灰度级，结果存贮在图 7 的查找表 220 中。

30 这里，如参照图 6B 所述，根据帧同步信号(FRAME SYNC)更新查找表 220 的新帧的 CDF 值的时段，对应于第一场的垂直消隐时段“d”。因此，对应于输入像素的均衡输出可通过选择对应于输入像素的存贮在查找表中的值得到。

本发明能应用到比图 7 的 CDF 计算器 210 结构更简单的电路中，根据

具有该简单结构的电路，计算量化的灰度级的各 CDF，而不是从最小到最大计算每个灰度级的 CDF，再内插所得到的量化的灰度级的各 CDF，然后输出结果。

如上所述，在本发明的直方图均衡装置中，帧存贮器、PDF 计算器和用于 CDF 计算的除法器被省掉，使得原来使用程序操作、仅能用于静止图像的直方图均衡功能，现在能够以简单结构被应用到运动图像的实时处理中。

## 说 明 书 附 图

图 1

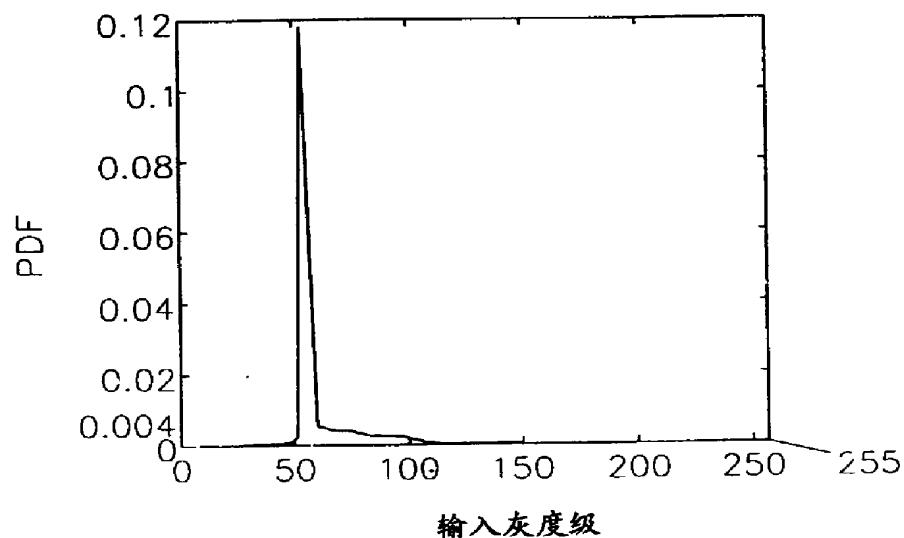


图 2

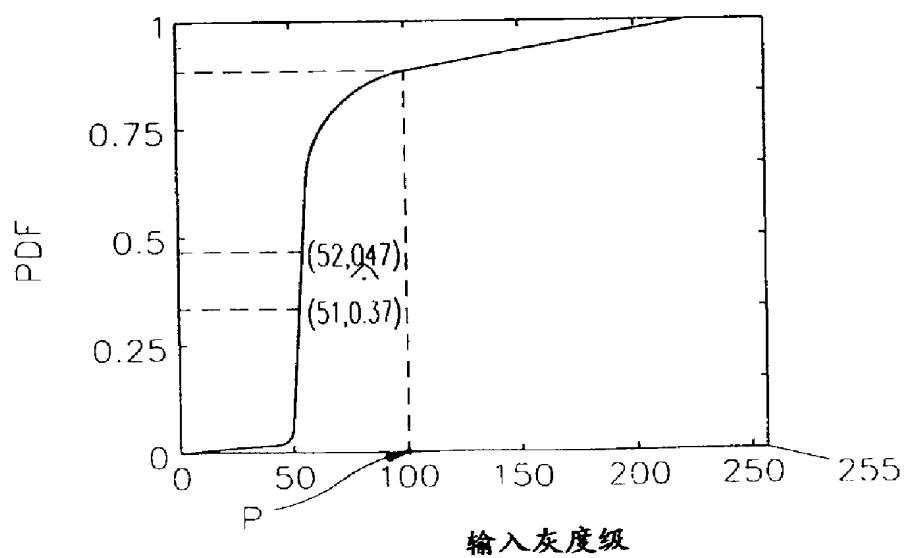


图 3

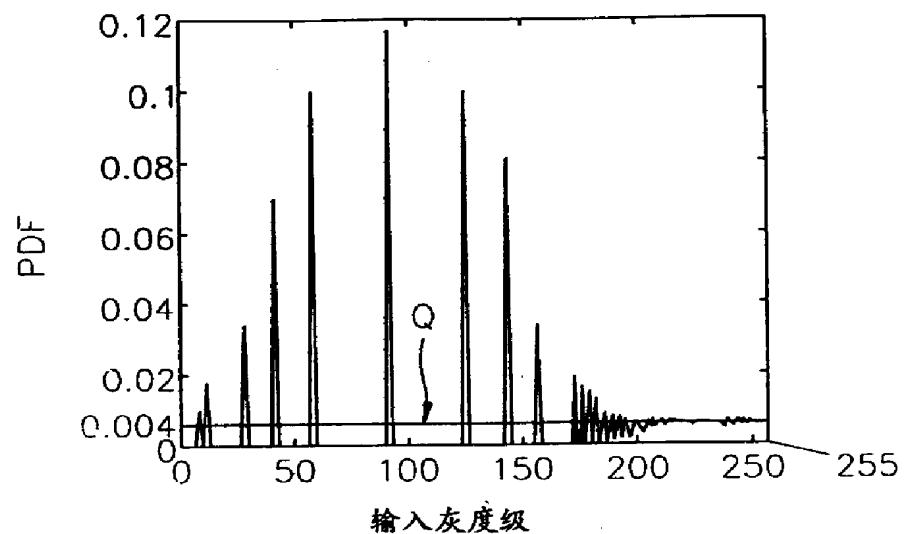


图 4

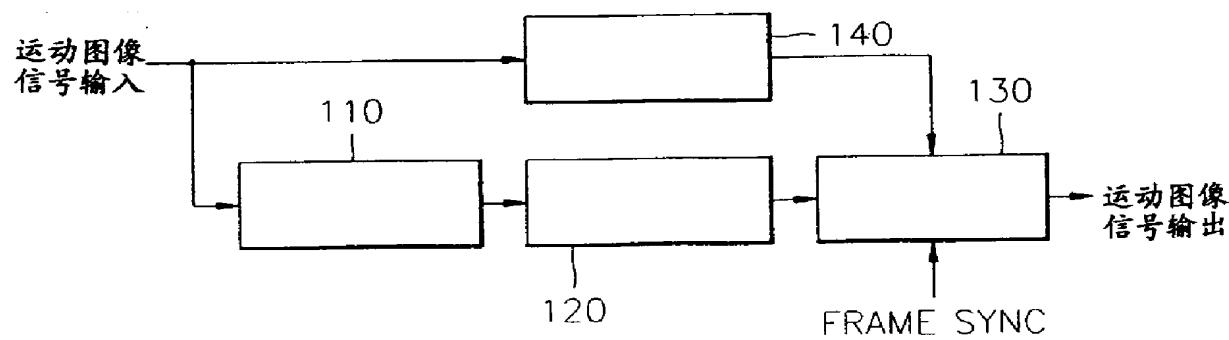


图 5

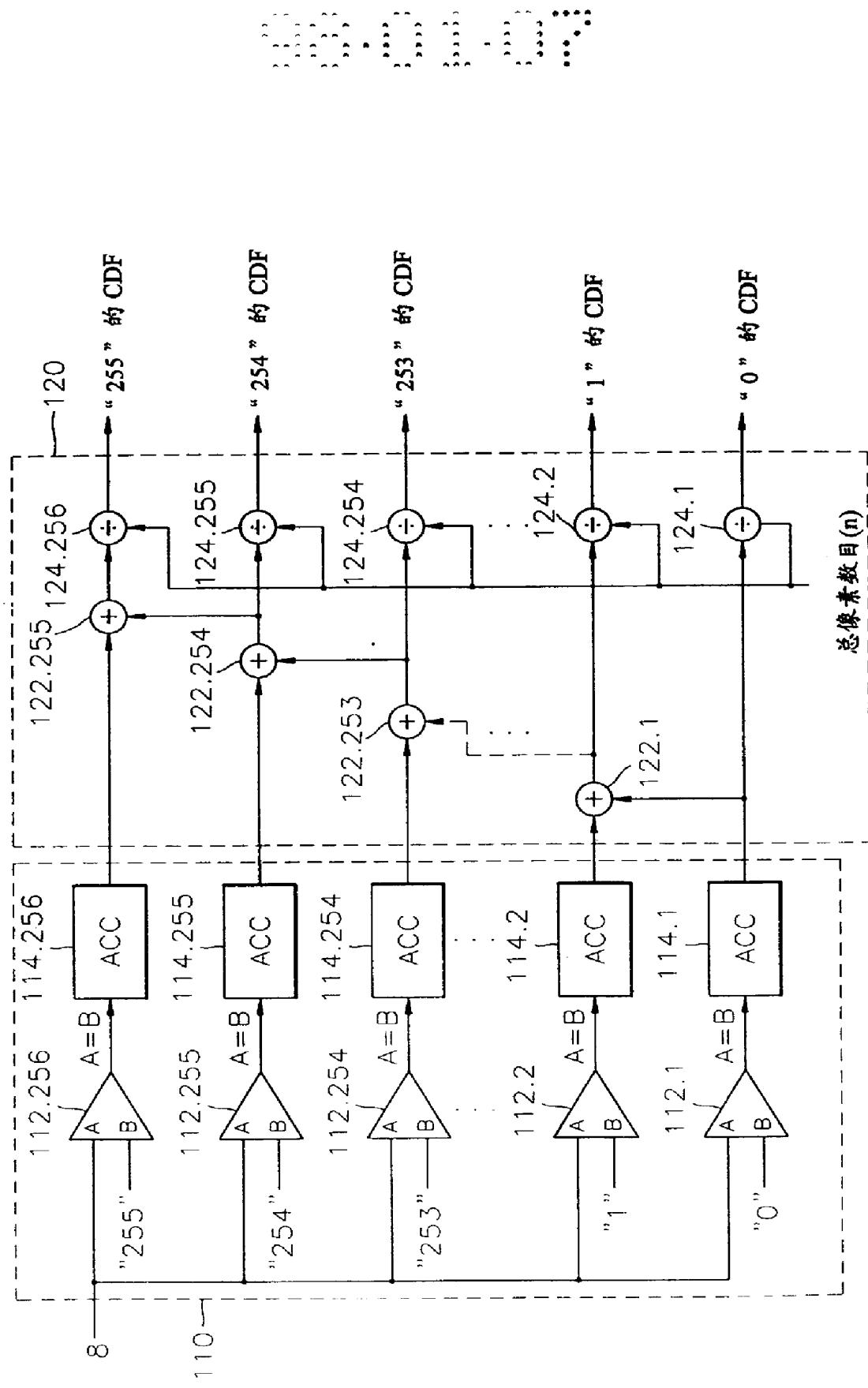


图 6A

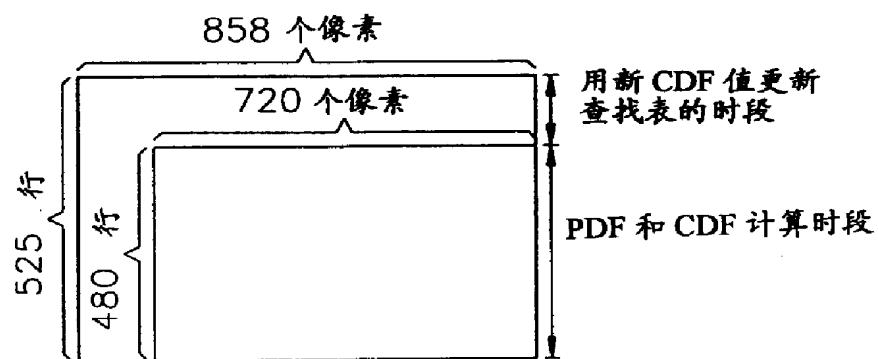


图 6B

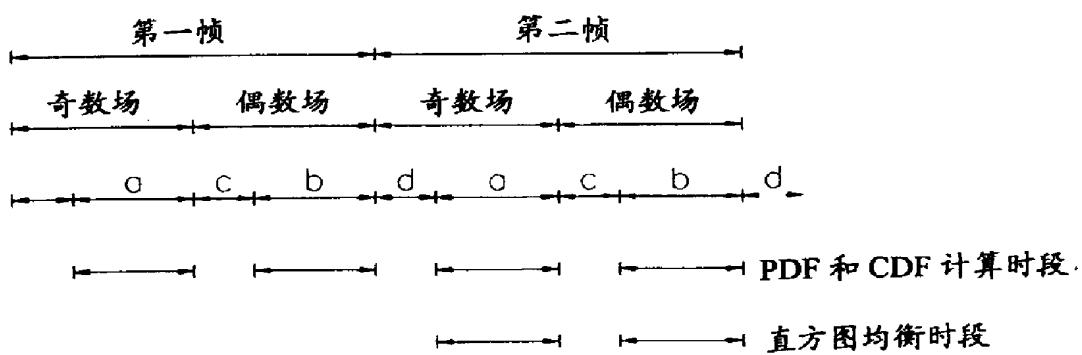


图 7

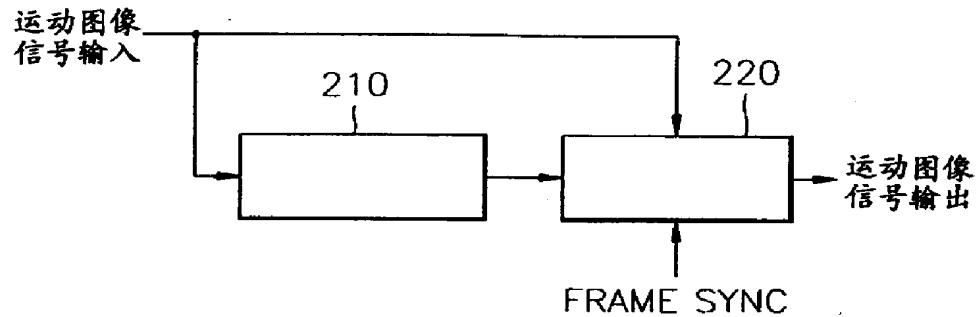


图 8

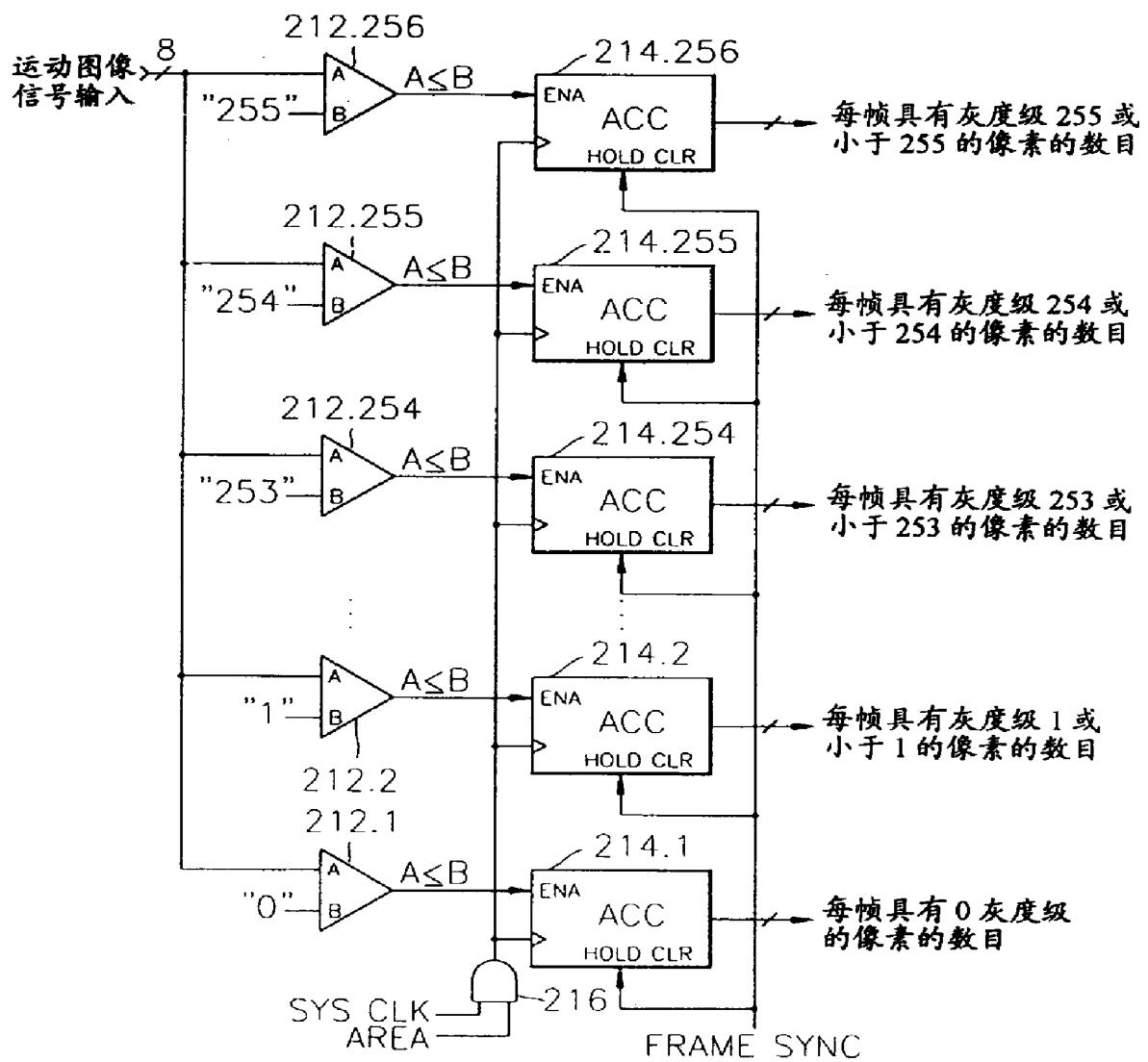


图 9

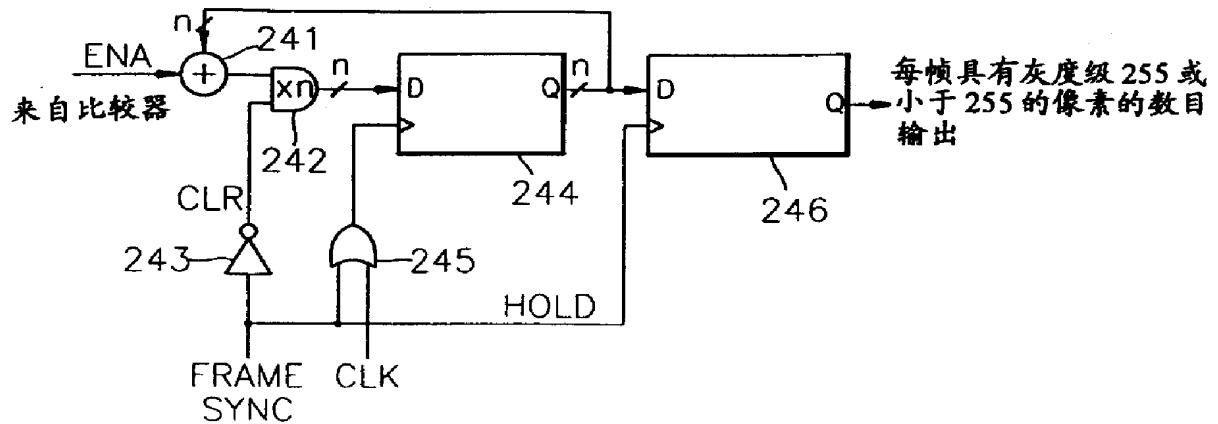


图 10

